2021北京海淀高三二模

物　　理

2021.05

本试卷共 8 页，100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1．以下现象能说明光具有粒子性的是

A．用紫外线照射锌板时有电子射出

B．白光照射肥皂膜呈现彩色图样

C．贴有增透膜的相机镜头呈现淡紫色

D．泊松亮斑

2．下列说法中正确的是

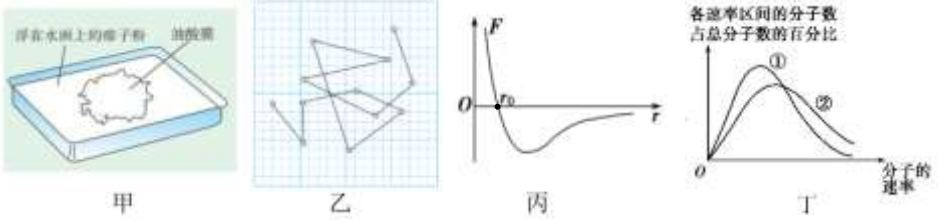
A．太阳辐射的能量主要来自太阳内部的核聚变反应

B．天然放射现象的发现，揭示了原子核是由质子和中子组成的

C．放射性元素的半衰期随温度的升高而变短

D．氢原子核外电子从半径较小的轨道跃迁到半径较大的轨道时，原子总能量减少

3．关于分子动理论，下列说法中正确的是



甲　　乙　　丙　　丁

A．图甲“用油膜法估测油酸分子的大小”实验中，应先滴油酸酒精溶液，再撒痱子粉

B．图乙为水中某花粉颗粒每隔一定时间位置的连线图，连线表示该花粉颗粒做布朗运动的轨迹

C．图丙为分子力 F 与分子间距 r 的关系图，分子间距从 r_0 开始增大时，分子力先变小后变大

D．图丁为大量气体分子热运动的速率分布图，曲线②对应的温度较高

4．声波是一种机械波，具有波的特性，关于声波下列说法中正确的是

A．不同频率的声波在空气中相遇时不会叠加

B．高频声波和低频声波相遇时能发生干涉现象

C．相同条件下，低频声波比高频声波更容易发生衍射现象

D．不同频率的声波在空气中相遇时频率均会发生改变

5．在如图 1 所示的电路中，干电池、开关和额定电压为 1.5V 的灯泡组成串联电路。当闭合开关时，发现灯泡不发光。在断开开关的情况下，某同学用多用电表欧姆挡进行检测。检测结果如下表所示，已知电路仅有一处故障，由此做出的判断中正确的是

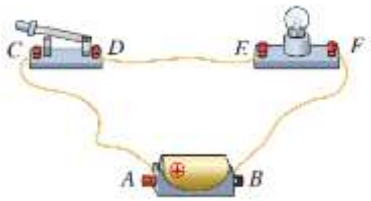


图 1

测试点	*A*、*C*	*D*、*E*	*E*、*F*	*F*、*B*
多用表示数	0	0	∞	0

A．*A*、*C* 间导线断路　　B．*D*、*E* 间导线断路

C．灯泡断路　　D．*F*、*B* 间导线断路

6．某同学用如图 2 所示的可拆变压器做“探究变压器原、副线圈电压与匝数的关系”实验，发现变压器两个线圈的导线粗细不同。该同学将原线圈接在学生电源上，分别测量原、副线圈的电压。下列说法中正确的是



图 2

A．原线圈应接在学生电源直流电压输出端

B．只增加原线圈的匝数就可以增大原线圈的输入电压

C．只增加原线圈的匝数就可以增大副线圈的输出电压

D．匝数较少的线圈应该使用较粗的导线

7．如图 3 所示，先用金属网把不带电的验电器罩起来，再使带正电金属球靠近金属网。下列说法中正确的是

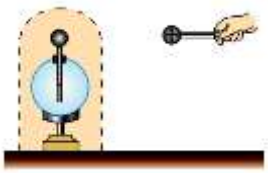


图 3

A．验电器的箔片会张开

B．金属网外表面带负电荷，内表面带正电荷

C．金属网罩内部电场强度为零

D．金属网的电势比验电器箔片的电势高

8．在用单摆测量重力加速度的实验中，用多组实验数据做出周期（*T*）的平方和摆长（*L*）的 T^2-*L* 图线，可以求出重力加速度 *g*。已知两位同学做出的 T^2-*L* 图线如图 4 中的 *a*、*b* 所示，其中 *a* 和 *b* 平行，图线 *a* 对应的 *g* 值很接近当地重力加速度的值。相对于图线 *a*，关于图线 *b* 的分析正确的是

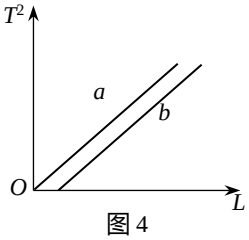


图 4

A．可能是误将绳长记为摆长 L

B．可能是误将悬点到小球下端的距离记为摆长 L

C．可能是误将 49 次全振动记为 50 次

D．根据图线 b 不能准确测出当地的重力加速度

9．如图 5 所示，静止在光滑水平桌面上的物块 A 和 B 用一轻质弹簧栓接在一起，弹簧处于原长。一颗子弹沿弹簧轴线方向射入物块 A 并留在其中，射入时间极短。下列说法中正确的是

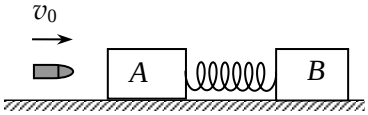


图 5

A．子弹射入物块 A 的过程中，子弹和物块 A 的机械能守恒

B．子弹射入物块 A 的过程中，子弹对物块 A 的冲量大小大于物块 A 对子弹的冲量大小

C．子弹射入物块 A 后，两物块与子弹的动能之和等于射入物块 A 前子弹的动能

D．两物块运动过程中，弹簧最短时的弹性势能等于弹簧最长时的弹性势能

10．2020 年 12 月 17 日“嫦娥五号”首次地外天体采样返回任务圆满完成。在采样返回过程中，“嫦娥五号”要面对取样、上升、对接和高速再入等四个主要技术难题，要进行多次变轨飞行。“嫦娥五号”绕月球飞行的三条轨道示意图如图 6 所示，轨道 1 是贴近月球表面的圆形轨道，轨道 2 和轨道 3 是变轨后的椭圆轨道，并且都与轨道 1 相切于 A 点。A 点是轨道 2 的近月点，B 点是轨道 2 的远月点，“嫦娥五号”在轨道 1 上的运行速率约为 1.7km/s。不计变轨中“嫦娥五号”的质量变化，不考虑其他天体的影响，下列说法中正确的是

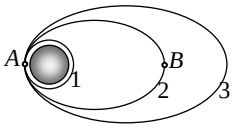


图 6

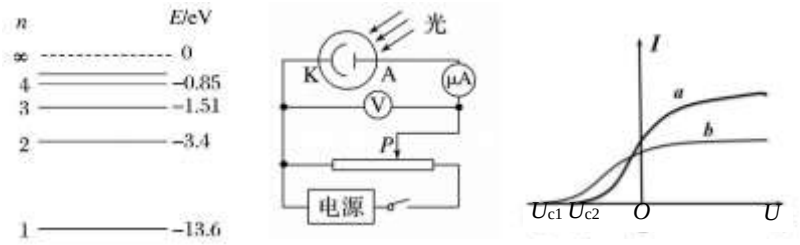
A．“嫦娥五号”在轨道 2 经过 A 点时的加速度大于在轨道 1 经过 A 点时的加速度

B．“嫦娥五号”在轨道 2 经过 B 点时的速率一定小于 1.7 km/s

C．“嫦娥五号”在轨道 3 上运行的最大速率小于其在轨道 2 上运行的最大速率

D．“嫦娥五号”在轨道 3 所具有的机械能小于其在轨道 2 所具有的机械能

11．氢原子的能级图如图 7 甲所示，一群处于第 4 能级的氢原子，向低能级跃迁过程中能发出 6 种不同频率的光，其中只有频率为 v_a、v_b 两种光可让图 7 乙所示的光电管阴极 K 发生光电效应。分别用频率为 v_a、v_b 的两个光源照射光电管阴极 K，测得电流随电压变化的图像如图 7 丙所示。下列说法中正确的是



甲　　乙　　丙

图 7

A．处于第 4 能级的氢原子可以吸收一个能量为 0.75eV 的光子并电离

B．图 7 丙中的图线 *a* 所表示的光是氢原子由第 4 能级向基态跃迁发出的

C．图 7 丙中的图线 *b* 所表示的光的光子能量为 12.75 eV

D．用图 7 丙中的图线 *a* 所表示的光照射阴极 K 时，光电子的最大初动能比用图线 *b* 所表示的光照射时更大

12．手机无线充电功能的应用为人们提供更大的便利。图 8 甲为其充电原理的示意图，充电板接交流电源，对充电板供电，充电板内的励磁线圈可产生交变磁场，从而使手机内的感应线圈中产生感应电流。当充电板内的励磁线圈通入如图 8 乙所示的交变电流时（电流由 *a* 流入时的方向为正），不考虑感应线圈的自感，下列说法中正确的是

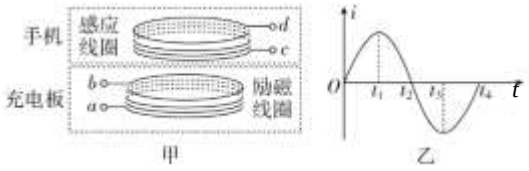


图 8

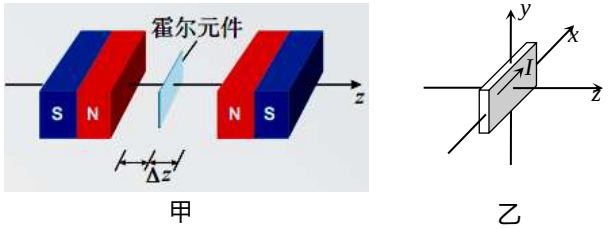
A．感应线圈中产生的是恒定电流

B．感应线圈中电流的方向总是与励磁线圈中电流方向相反

C．t_1～t_3时间内，*c* 点电势始终高于 *d* 点电势

D．t_3时刻，感应线圈中电流的瞬时值最大

13．利用霍尔元件可以进行微小位移的测量。如图 9 甲所示，将固定有霍尔元件的物体置于两块磁性强弱相同、同极相对放置的磁体缝隙中，建立如图 9 乙所示的空间坐标系。保持沿 *x* 方向通过霍尔元件的电流 *I* 不变，当物体沿 *z* 轴方向移动时，由于不同位置处磁感应强度 *B* 不同，霍尔元件将在 *y* 轴方向的上、下表面间产生不同的霍尔电压 U_H。当霍尔元件处于中间位置时，磁感应强度 *B* 为 0，U_H为 0，将该点作为位移的零点。在小范围内，磁感应强度 *B* 的大小和坐标 *z* 成正比，这样就可以把电压表改装成测量物体微小位移的仪表。下列说法中正确的是



甲　　乙

图 9

A．该仪表只能测量位移的大小，无法确定位移的方向

B．该仪表的刻度线是均匀的

C．若霍尔元件中导电的载流子为电子，则当 $\Delta z<0$ 时，下表面电势高

D．电流 I 越大，霍尔电压 U_H 越小

14．如图 10 甲所示，在静水中，当风的方向与无自带动力帆船的目标航向（图中由 A 指向 B）一致时，只需将帆面与船身垂直安放，则帆船能沿直线顺利到达目标位置 B；如图 10 乙所示，在静水中，当风的方向与无自带动力帆船的目标航向（图中由 A 指向 B）相反时，若调整船身和帆面的位置（其中目标方向 AB 与船身的夹角为 θ，帆面与船身的夹角为 φ），帆船也可以逆风到达目标位置 B，例如，帆船可先到达 C 再到达目标位置 B。帆船能沿 AC 段运动的动力来源可简化解释为：风以某一角度 α 吹到帆面上，碰撞后弹出的角度也是 α，碰撞前、后的风速大小相同。风与帆面的碰撞导致风对帆面施加了一个垂直于帆面的冲量，使帆船受到了一个方向与帆面垂直的压力 F，这个压力沿船身方向及垂直于船身方向的分力分别为 F_1 和 F_2，F_1 就是船沿 AC 航线前进的动力（其大小与 $v_{风}$ 的大小关系可表示为 $kv_{风}^2$），F_2 则有使船侧向漂移的作用，可以认为该力被水对船的横向阻力平衡。结合以上解释和所学的物理知识，下列说法中**不正确**的是

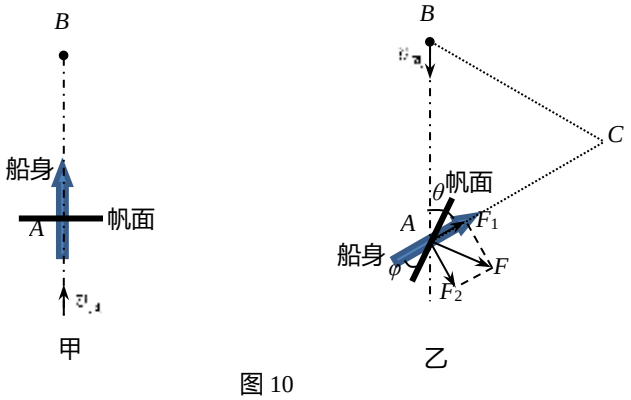


图 10

A．k 与 φ、θ 和空气密度 ρ 都有关

B．要使无自带动力帆船沿 CB 航行，帆面必须处于锐角 $\angle ACB$ 的两边之间

C．若不断改变船身和帆面的方位，无自带动力帆船可沿锯齿形航线从 A 驶向 B

D．空气分子与帆面发生弹性碰撞前后，空气分子的动量改变量垂直于帆面

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15．（6 分）在测量一节干电池的电动势和内阻的实验中，可选用的器材有：

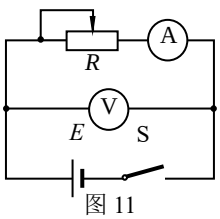


图 11

A．电压表 V：0~3V，内阻约 3kΩ；

B．电流表 A_1：0~0.6A，内阻约 0.1Ω；

C．电流表 A_2：0~3A，内阻约 0.01Ω；

D．滑动变阻器 R_1：0~100Ω；

E．滑动变阻器 R_2：0~15Ω；

F．开关 S 和导线若干。

（1）电流表应选用_____，滑动变阻器应选用_____；（选填项目前的符号）

（2）用所选器材按照图 11 连接好电路后，将滑动变阻器滑片置于合适位置，闭合开关 S，通过调整滑动变阻器，得到多组电流 I 和电压 U。根据实验数据，绘制出如图 12 所示的 U-I 图像，由图线可求出 E=_____V，r=_____Ω；（结果均保留 3 位有效数字）

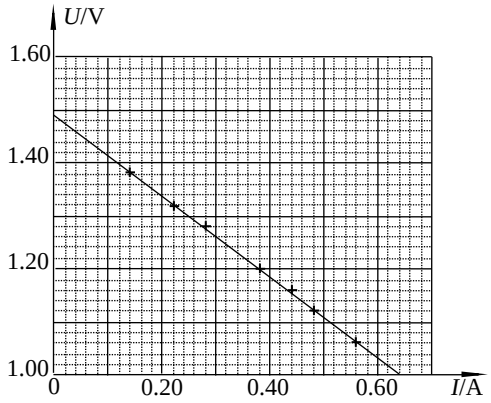


图 12

（3）通过以上测量方法求得的结果会存在误差，其中由电表引起的误差不能通过多次测量取平均值的方法减小。下列说法中正确的是_____。

A. 由于电流表的分压作用，使电动势的测量值小于真实值

B. 由于电流表的分压作用，使电动势的测量值大于真实值

C. 由于电压表的分流作用，使内阻的测量值小于真实值

D. 由于电压表的分流作用，使内阻的测量值大于真实值

16．（12 分）用如图 13 所示的实验装置验证机械能守恒定律。重锤从高处由静止开始下落，重锤上拖着的纸带通过打点计时器，打出一系列的点，对纸带上的点迹进行测量，即可验证机械能守恒定律。已知当地重力加速度为 g。

（1）除图 13 中所示的装置之外，还必须使用的器材是_____；

A．直流电源、天平（含砝码）

B．直流电源、刻度尺

C．交流电源、天平（含砝码）

D．交流电源、刻度尺

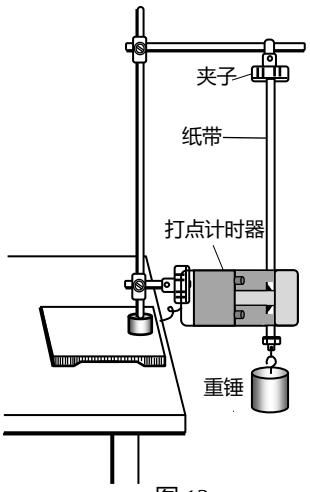


图 13

（2）下面列举了该实验的几个操作步骤：

A．按照图 13 所示安装好实验器材并连接好电源

B．先打开夹子释放纸带，再接通电源开关打出一条纸带

C．测量纸带上某些点间的距离

D．根据测量的结果计算重锤下落过程中减少的重力势能是否等于增加的动能

其中没有必要进行的或者操作不当的步骤是_____（选填步骤前的字母）；

（3）如图 14 所示，根据打出的纸带，选取纸带上的连续的五个点 A、B、C、D、E，通过测量并计算出点 A 距起始点 O 的距离为 s_0，点 AC 间的距离为 s_1，点 CE 间的距离为 s_2，若相邻两点的打点时间间隔为 T，重锤质量为 m，根据这些条件计算重锤从释放到下落 OC 距离时的重力势能减少量 ΔE_p=____，动能增加量 ΔE_k= _____；在实际计算中发现，重锤减小的重力势能总是大于重锤增加的动能，其原因主要是_____；

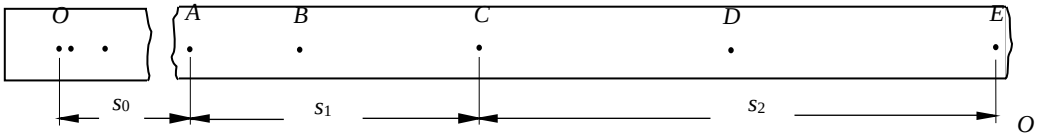


图 14

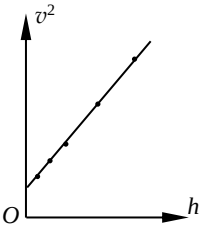


图 15

（4）某同学利用图 14 中纸带，先分别测量出从 A 点到 B、C、D、E、F、G 点的距离 h（其中 F、G 点为 E 点后连续打出的点，图中未画出），再计算打出 B、C、D、E、F 各点时重锤下落的速度 v 和 v^2，绘制 v^2-h 图像，如图 15 所示，并求得图线的纵轴截距 b 和斜率 k。

①请说明如何根据图像验证重锤下落过程机械能是否守恒？

_____；

②假设上述实验操作中不受一切阻力影响，此时绘制的 v^2-h 图线的纵轴截距 b'和斜率 k'与 b、k 的关系最可能的是_____。

A．$b'>b$，$k'>k$　B．$b'<b$，$k'=k$　C．$b'<b$，$k'<k$　D．$b'=b$，$k'>k$

（5）某同学认为要验证机械能守恒，必须选择第 1、2 两点间距离约为 2mm 的纸带进行数据处理，你认为他的观点是否正确，请说明理由。

17．（9 分）如图 16 所示，MN、PQ 为两足够长的光滑平行金属导轨，两导轨的间距 L=1.0m，导轨所在平面与水平面间夹角 θ=37°，N、Q 间连接一阻值 R=0.3Ω 的定值电阻，在导轨所在空间内有垂直于导轨平面向上的匀强磁场，磁感应强度 B=0.2T。将一根质量 m=0.1kg 的金属棒 ab 垂直于 MN、PQ 方向置于导轨上，金属棒与导轨接触的两点间的电阻 r=0.2Ω，导轨的电阻可忽略不计。现由静止释放金属棒，金属棒沿导轨向下运动过程中始终与导轨垂直，且与导轨接触良好。重力加速度 g 取 10m/s^2，已知 sin37°=0.6，cos37°=0.8。求金属棒沿导轨：

（1）开始下滑时的加速度大小 a；

（2）下滑过程中的最大速度大小 v；

（3）以最大速度下滑时，电阻 R 的电功率大小 P。

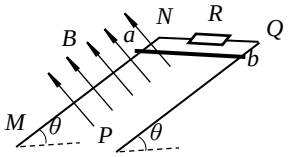


图 16

18．（9 分）如图 17 甲所示，运动员把冰壶沿水平冰面投出，让冰壶在冰面上滑行，在不与其他冰壶碰撞的情况下，最终停在远处的某个位置。按比赛规则，冰壶投出后，可以用毛刷在其滑行前方来回摩擦冰面，减小冰壶与冰面间的动摩擦因数以调节冰壶的运动。将冰壶的运动简化为直线运动且不考虑冰壶的转动。已知未摩擦冰面时，冰壶与冰面间的动摩擦因数为 0.02。重力加速度 g 取 10m/s^2。

（1）在图 17 乙中，画出冰壶投出后在冰面上滑行时的受力示意图；

（2）运动员以 3.6m/s 的水平速度将冰壶投出，求冰壶能在冰面上滑行的最大距离 s；

（3）若运动员仍以 3.6m/s 的水平速度将冰壶投出，滑行一段距离后，其队友在冰壶滑行前方摩擦冰面，使冰壶与冰面间的动摩擦因数变为原来的 90%。已知冰壶运动过程中，滑过被毛刷摩擦过的冰面长度为 6m，求与不摩擦冰面相比，冰壶多滑行的距离 Δs。



甲　　乙

图 17

19．（10 分）质谱仪是一种检测和分离同位素的仪器。如图 18 所示，某种电荷量为+q 的粒子，从容器 A 下方的小孔 S_1 进入电压为 U 的加速电场，其初速度可忽略不计。这些粒子经过小孔 S_2 沿着与磁场垂直的方向进入磁感应强度大小为 B 的匀强磁场中，形成等效电流为 I 的粒子束。随后粒子束在照相底片 MN 上的 P 点形成一个曝光点，P 点与小孔 S_2 之间的距离为 D。不计粒子的重力及粒子间的相互作用。

（1）求粒子进入磁场时的动能 E_k；

（2）求在 t 时间内照相底片接收到的粒子总质量 M；

（3）衡量质谱仪性能的重要指标之一是与粒子质量有关的分辨率。粒子的质量不同，在 MN 上形成曝光点的位置就会不同。质量分别为 m 和 $m+\Delta m$ 的同种元素的同位素在底片 MN 上形成的曝光点与小孔 S_2 之间的距离分别为 d 和 $d+\Delta d$（$\Delta d<<d$），其中 Δd 是质谱仪能分辨出来的最小距离，定义质谱仪的分辨率为 $\frac{m}{\Delta m}$，请写出质谱仪的分辨率 $\frac{m}{\Delta m}$ 与 d、Δd 的关系式。

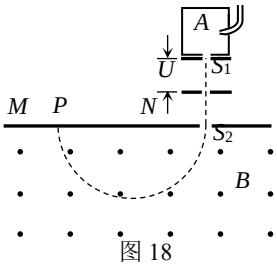


图 18

20．（12 分）放射性同位素电池具有工作时间长、可靠性高和体积小等优点，是航天、深海、医学等领域的重要新型电源，也是我国近年重点科研攻关项目。某同学设计了一种利用放射性元素 β 衰变的电池，该电池采用金属空心球壳结构，如图 19 所示，在金属球壳内部的球心位置放有一小块与球壳绝缘的放射性物质，放射性物质与球壳之间是真空的。球心处的放射性物质的原子核发生 β 衰变发射出电子，已知单位时间内从放射性物质射出的电子数为 N，射出电子的最小动能为 E_1，最大动能为 E_2。在 E_1 和 E_2 之间，任意相等的动能能量区间 ΔE 内的电子数相同。为了研究方便，假设所有射出的电子都是沿着球形结构径向运动，忽略电子的重力及在球壳间的电子之间的相互作用。元电荷为 e，a 和 b 为接线柱。

（1）原子核是由质子 ${}_1^1\mathrm{H}$ 和中子 ${}_0^1\mathrm{n}$ 等核子组成的，说明 β 衰变的电子是如何产生的。

（2）求 a、b 之间的最大电势差 U_m，以及将 a、b 短接时回路中的电流 $I_{短}$。

（3）在 a、b 间接上负载时，两极上的电压为 U，通过负载的电流为 I。论证电流大小 I 随电压 U 变化的关系，并在图 20 中画出 I 与 U 关系的图线。

（4）若电源的电流保持恒定且与负载电阻无关，则可称之为恒流源。请分析负载电阻满足什么条件时该电源可视为恒流源。

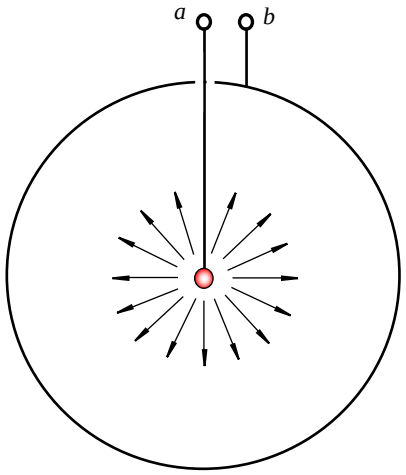


图 19

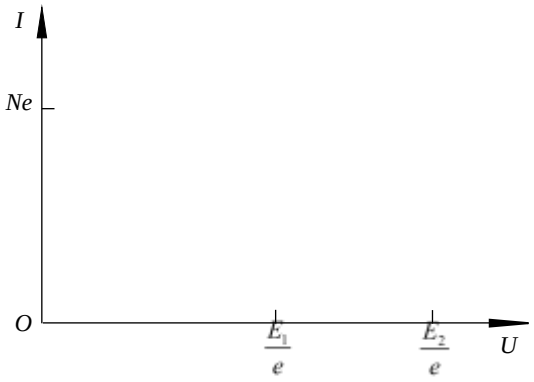


图 20

（**注意：**解题过程中需要用到、但题目没有给出的物理量，要在解题中做必要的说明）

2021北京海淀高三二模物理

参考答案

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1.A　2. A　3. D　4.C　5.C　6.D　7.C　8.B　9. D　10.B

11.C　12.C　13.B　14.B

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15．（6 分）（1）B（1 分）；E（1 分）

（2）1.48~1.50（1 分）；0.750~0.790（1 分）

（3）C（2 分）

16．（12 分）（1）D（1 分）　（2）B（1 分）

（3）$mg(s_0+s_1)$（1 分）；$\frac{1}{2}m\left(\frac{s_1+s_2}{4T}\right)^2$（2 分）；重锤下落过程中受到阻力作用（1 分）

（4）①在实验误差允许范围内，若 k 近似等于 $2g$，则可认为这一过程机械能守恒（2 分）②A（1 分）

（5）该同学观点不正确（1 分）；因为从第 1 个点到某个需要验证的点之间的距离，是重物下落的实际距离，并且打第 1 个点时重物速度为零，所以不需要第 1、2 两点间距离约为 2mm。（解释只要合理即可）（2 分）

17．（9 分）（1）金属棒沿导轨开始下滑时，根据牛顿第二定律有

$mg\sin37°=ma$　……（2 分）

解得 $a= g\sin37°=6\text{m/s}^2$　……（1 分）

（2）当金属棒的加速度为 0 时，速度达到最大，此时有

$mg\sin37°=BIL$　……（1 分）

由法拉第电磁感应定律及闭合电路欧姆定律有

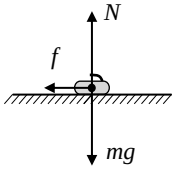
$I=\frac{BLv}{R+r}$　……（2 分）

联立解得 v=7.5m/s ……（1 分）

（3）电阻 R 的电功率 $P=I^2R$=2.7W　……（2 分）

18．（9 分）（1）冰壶受力如答图 1 所示……（3 分）

（2）根据牛顿第二定律有



答图 1

$-\mu mg=ma$ ……（1 分）

根据运动学公式有

$0-v^2=2as$ ……（1 分）

联立解得 s=32.4m ……（1 分）

（3）设冰壶滑过的未摩擦的冰面长度为 s'，摩擦过的冰面长度为 s_0，根据动能定理有

$-\mu mgs'-0.9\mu mgs_0=0-\frac{1}{2}mv^2$ ……（2 分）

解得 s'=27m

因此 $\Delta s= s'+ s_0-s$=0.6m ……（1 分）

19．（10 分）（1）根据动能定理得 $E_k = qU$ ……（2 分）

（2）粒子在电场中加速运动，根据动能定理有 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ ……（1 分）

粒子在磁场中做圆周运动，根据牛顿第二定律有 $Bqv = m\frac{v^2}{\frac{D}{2}}$ ……（1 分）

联立解得每个粒子质量 $m = \frac{qB^2D^2}{8U}$ ……（1 分）

t 时间内接收的粒子数 $N = \frac{It}{q}$ ……（1 分）

t 时间内照相底片接收到的粒子总质量 $M = Nm = \frac{B^2D^2It}{8U}$ ……（1 分）

（3）由 $m = \frac{qB^2d^2}{8U}$ 可得，$m+\Delta m = \frac{qB^2(d+\Delta d)^2}{8U}$ ……（1 分）

因此 $\frac{m}{\Delta m} = \frac{d^2}{(d+\Delta d)^2-d^2} = \frac{d^2}{2d\Delta d+\Delta d^2}$ 由于 $\Delta d<<d$，因此 Δd^2 可略掉 …（1 分）

所以质谱仪的分辨率 $\frac{m}{\Delta m} = \frac{d}{2\Delta d}$ ……（1 分）

20．（12 分）（1）β 衰变的实质是 1 个中子转化为 1 个质子和 1 个电子。……（2 分）或写出核反应方程：${}^1_0\mathrm{n}\rightarrow{}^1_1\mathrm{H}+{}^0_{-1}\mathrm{e}$。

（2）根据动能定理有 $-eU_\mathrm{m} = 0-E_2$ ……（1 分）

解得 a、b 之间的最大电势差 $U_\mathrm{m} = \frac{E_2}{e}$ ……（1 分）

将 a、b 短接时所有逸出电子都能由球心处的放射源到达球壳，故短路电流

$I_{短}=Ne$ ……（1 分）

（3）①在$0<eU\leq E_1$时，即$0<U\leq\frac{E_1}{e}$时，所有的电子都能够飞到球壳上，在单位时间内到达的电荷量为该电池可以供给的最大电流，此时 $I=Ne$ ……（1分）

②在$E_1<eU<E_2$时，即 $\frac{E_1}{e}<U<\frac{E_2}{e}$ 时，只有动能$E\geq eU$的电子才能落到球壳上，这些电子决定了通过负载的电流（其余电子将在球心与球壳间往复运动，不流过负载）。这些电子数与从放射性物质飞出的总电子数之比为

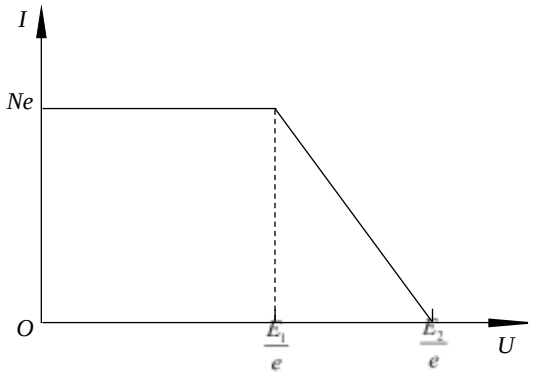
$\eta=\frac{E_2-eU}{E_2-E_1}$ ……（1分）

因为单位时间发射的电子是按照能量均匀分布的，所以这时通过负载的电流 I' 为

$I'=\eta Ne=\frac{E_2-eU}{E_2-E_1}Ne$ ……（1分）

③在 $eU=E_2$ 即 $U=\frac{E_2}{e}$ 时，电子将无法到达球壳，此时通过负载的电流为零。……（1 分）

综合①②③的分析，可知 I 随电压 U 变化的伏安特性关系如答图 2 所示 ……（1 分）



答图 2

（4）当 $0<U\leq\frac{E_1}{e}$ 时，所有的电子都能够飞到球壳上有

$U=IR=NeR$ ……（1 分）

解得 当负载电阻满足 $0<R\leq\frac{E_1}{Ne^2}$ 时，该电池是恒流源 ……（1 分）